

범주형 환경변수를 고려한 부대성과평가 방법에 관한 연구 - DEA와 CCCA의 결합을 중심으로 - (Performance Evaluation of Military Corps with Categorical Environmental Variables)

이 경 원(Lee Kyung Won), 박 명 섭(Park Myung Seop), 임 재 풍(Im Jae Poong)*

초 록

계층구조로 이루어진 군부대에서 예하부대의 성과는 피평가부대의 개별적인 노력뿐만 아니라, 그 부대가 속해있는 지휘라인의 1차 상급지휘관의 부대지휘방향에 따라 상당한 영향을 받는 경우가 많다. 평가를 담당하는 기관인 2차 상급조직에서 제시하는 평가요소에 대한 중요도가 1차 상급지휘관의 부대지휘방향과 상이하다면, 해당부대는 1차 상급지휘관의 의도를 충실히 구현하였음에도 불구하고 다른 지휘라인의 부대들보다 낮은 평가를 받을 수 있다. 본 연구는 계층적 구조하에서 성과방향의 차이를 야기하는 지휘라인별 특성을 집단외생변수로 취급하여 평가의 공정성을 기하기 위한 연구이다. 비모수적 기법인 DEA와 모수적 기법으로서 다수의 종속변수가 존재하고 모수의 제약을 반영할 수 있는 제약정준상관분석(CCCA: Constrained Canonical Correlation Analysis)의 결합모형을 이용하였으며, 이 과정에서 성과에 영향을 미치는 집단환경변수를 범주화하여 대대급 부대의 성과평가를 수행하였다.

Abstract

There are many occasions that the performance of a corps is influenced not only by its own efforts but by the commander of the next higher unit in a vertical organizational structure. When the direction of the commander in the next higher organization is different from that of the actual evaluation agency, the unit under evaluation may get rated lower than what it should deserve. This study suggests an alternative method to evaluate the performance of military units in the situation that there exist critical environmental factors which affect the performance. This method employs DEA, a non parametric method, and Constrained Canonical Correlation Analysis(CCCA), a parametric method which is used to estimate a efficient frontier with multiple dependent variables and constraints. This article also exploits a set of categorical environmental variables in the CCCA to improve the fairness of performance evaluation. It is shown that the introduction of the categorical variables helps evaluating the true performance of individual units such as battalions subordinated to different next higher commanders.

(KeyWords: performance measurement, efficiency, DEA, environment)

* 고려대학교 경영대학

1. 서론

“측정되지 않는 것은 관리되지 않는 것이다”라고 하는 성과측정의 중요성에 대한 경구는 더 이상 새로울 것이 없을 정도로 이미 그 중요성이 보편적으로 인식되고 있다. 이러한 성과측정의 중요성은 사기업뿐만 아니라 공공부문에도 확산되었다. 우리나라에서도 1998년 기관평가제도를 도입하였고 2001년 5월부터는 정부업무 등의 평가에 관한 기본법을 시행해오고 있다. 또한 2001년부터 공무원들의 인센티브 차원의 성과급 제도를 도입하여 부서의 성과측정 결과에 따라 차등적인 성과 상여금을 지급해오고 있으며[1], 2005년도부터는 정부 각 부처의 업무보고시 성과지표에 따른 업무목표를 함께 보고[2]하도록 하고 있다.

우리 군에서도 평가를 통한 조직관리는 매우 중요한 문제로 인식되고 있다. 개인 또는 부대의 성과측정 결과는 부대의 전투력 유지를 위한 취약점을 발견하고 이를 보완하도록 해주는 역할 뿐만 아니라, 평가의 결과는 상훈 및 벌과, 개인 인사 기록자료에 반영되기 때문에 부대 전체의 명예뿐만 아니라 개인의 인사상의 중요한 행위로 인식되고 있다.

평가결과가 개인이나 부대에 실질적으로 영향을 발휘하기 위해서는 평가측정시스템이 제 평가요소들을 객관적으로 측정할 수 있어야 할 것이다. 또한 피평가조직이 투여한 노력의 효

과와 효율의 평가는 그 조직이 직면하고 있는 상이한 환경과의 연계속에서 검토되어야 할 것이다. 상이한 여건하에서 운영되는 피평가 대상조직들의 성과를 일률적인 기준으로 평가하고 그 결과를 상벌이나 인센티브로 활용한다면, 내부 구성원들의 평가에 대한 수용도를 저하시킬 뿐만 아니라 평가의 본래의 의도도 달성하기 어렵게 만들 수 있다.

군에서 피평가조직에 대한 평가의 시행은 전형적인 계층적 구조를 이루고 있는 군대조직에서 2단계 이상의 상위조직, 즉 지휘계통상의 2차 상급조직에서 평가를 담당하게 된다. 1차 상급 지휘계통이 아니라 2차 상급 지휘계통에서 평가를 담당함으로써 보다 객관화된 외부 평가를 할 수 있다는 장점이 있다. 그러나, 이러한 2차 상급 지휘계통에서의 평가는 외부 평가를 통하여 객관성을 높일 수 있지만 피평가 제대로서는 부대운영여건이 올바르게 반영되지 못하기 때문에 공정성에 대한 의문을 가질 수 있다. 예를 들어서, 1차 상급 지휘관의 지휘방침이 2차 상급 조직에서 실제로 해당부대를 평가하는 평가요소들의 중요성(배점)과 상이할 경우가 발생할 수 있다. 군의 속성상 피평가 부대들은 각자의 1차 상급 지휘관의 직접적인 통제하에 있을 수밖에 없고, 경우에 따라서는 본의 아니게 불리한 평가여건에 처하게 될 수 있다. 또한 다른 측정 대상들보다 유리한 지리적 조건(예컨대 충분한 훈련장 구비), 상급지원

부대와외의 근거리 위치, 적은 수시임무 변화 등은 부대를 안정적으로 유지할 수 있는 좋은 조건이다. 부대의 위치, 지형, 보직인원의 차이(장기파견, 전출, 미보직 등) 등 피평가 제대간내·외부 운영여건의 차이가 실존하나, 현재의 평가측정시스템에서는 동일한 평가기준과 배점속에서 각종 측정이 이루어지는 것이 사실이다.

성과측정에 대한 방법론중에서 DEA(Data Envelopment Analysis)는 개별 의사결정단위(DMU: Decision Making Unit)들이 직면한 운영여건의 차이를 고려하여 투입물과 성과물에 대한 가중치를 달리함으로써 DMU 관리자에 대한 재량과 운영여건의 차이에 대한 탄력적인 대응을 유도할 수 있게하는 평가 기법이다. DEA를 이용하여 공공조직의 평가를 연구한 시도는 많이 있었으나, 군부대의 성과평가와 관련한 기존의 국내 선행연구는 기본 DEA 모형을 확장하여 Imprecise Data¹⁾를 DEA 모형에 적용가능 하도록 만든 IDEA 방법을 이용한 제한된 연구가 있었다. 손석호[3]는 중대급 부대의 효율성을 측정하였으며, 장철희[4]는 교육훈련분야에 대한 성과측정을 실시하였다. 또한 정우근[5]은 야전병원에 대한 효율성을 측정하였다. 그러나, 이러한 연구들은 DEA만을 방법론으로 하였기 때문에 비모수적 방법이 갖는 한계를 극복하기 곤란하였다. 즉, 전체 측정대

상에 대한 효율성의 서열부여나, 선형계획 모형에서 발생하는 비효율 잔여요소(slack)의 처리 등의 문제를 해결할 수 없다는 것이다.

계층적인 구조를 갖는 조직에서 DEA를 적용하여 개별 조직의 효율성을 측정하려는 연구는 Cook 등[6, 7]에 의하여 시도된 바 있다. 그는 이 연구에서 해당 피측정조직 j의 효율성은 해당 j가 속해있는 상위조직의 효율성이 j의 효율성에 영향을 끼치도록 하는 모델을 제시한 바 있다. 그러나 이 모형은 상위조직(해당그룹을 담당하는 조직)의 효율성을 계산하는 과정에서 동일 그룹의 예하 조직들의 투입·산출자료의 합을 이용하기 때문에 해당 조직이 동일 그룹의 다른 조직들의 좋지 않은 성과로 인해 자신의 경영성과를 올바르게 반영할 수 없다는 문제점을 가지게 된다.

본 연구는 계층적으로 형성된 상이한 1차 상급부대에 의해 투입 및 산출이 조정 및 통제되는 상황, 즉 군조직의 특성상 1차 상급부대는 예하부대의 조직운영에 상당한 영향을 미치게 됨에도 불구하고, 2차 상급기관에 의한 평가가 이러한 차이를 고려하지 않기 때문에 야기할 수 있는 공정성의 문제를 해결하기 위한 연구이다. 비모수적(non parametric) 평가방법인 DEA(Data Envelopment Analysis)와 다중 종속변수와 제약조건이 있는 상황에서 회귀분석 형태의 모수적(parametric) 평가기법을 결합한 제약정준상관분석(CCCA: Constrained

1) 서열자료, 범위자료 등을 말함.

Canonical Correlation Analysis)을 이용하였으며, 이 과정에서 범주형 환경변수(categorical environmental variable)를 모형에 반영시킴으로써 평가의 공정성을 보완하도록 하였다. 여기서 범주형 환경변수란 성과에 유의한 영향을 끼치는 환경요소를 몇 개의 범주로 분리한 것으로서, 측정대상들은 범주형 변수에 따라 그룹화될 수 있다. 본 논문에서는 환경적 차이를 보이는 각 연대별 특성을 범주형 환경변수로 설정하여 상이한 연대에 속한 대대들을 통합측정하기 위한 연구이다. 또한 본 연구는 1년간의 성과자료를 월별 단위로 모형에 적용함으로써 12개월의 부대 운용 결과를 이용하여 해당 부대의 월별 성과 효율성을 도출하였다. 따라서 측정대상(DMU)의 수의 부족을 극복하고 각 부대의 동태적 효율성 분석을 가능하게 하는 장점을 가지게 된다.

본 논문은 2장에서 부대평가에 미치는 외부 환경요소에 대하여 살펴보고, 3장에서 논문의 주요 방법론으로 사용되는 DEA와 CCCA에 대한 설명을 하였다. 4장에서는 피측정 부대가 속한 범주형 환경을 CCCA에 적용하는 방법을 살펴보고, 5장에서는 이를 부대평가 모형에 적용한 분석을 시도하였으며 6장에서는 논의의 정리와 본 논문의 한계점 및 제한사항을 기술하였다.

2. 부대성과평가와 외부 집단환경

부대 운영에 대한 평가는 일반적으로 2차 상급조직에서 담당한다. 이는 평가의 주체가 1차 상급조직일 경우 측정의 사실적인 평가 보다 평가관이 평소에 가지고 있는 주관적, 개인적 관계가 평가에 더욱 반영될 가능성이 높기 때문이다. 군 조직의 특성상 각 부대들은 평소 부대운영에 필요한 자원과 노력의 배분에 있어 평가 기관이 정한 평가요소들간의 상대적 중요성(측정점수의 배분)을 고려하여 배분하기 보다는 직접적으로 자신을 통제하는 1차 상급 지휘관의 부대운영 방향에 맞추어 자원과 노력을 배분하게 되는 경향이 있다. 평가수행자인 2차 상급지휘관(조직)의 지시 및 지휘방침은 지시를 받는 예하부대들의 상이한 특성으로 인하여 1차 상급 지휘관이 그 지시를 해석하고 이를 예하부대에 적용하는 과정에서, 또는 1차 상급지휘관의 부대지휘방향이 2차 상급지휘관과 현실적인 차이가 존재할 수 있음을 인정할 때, 예하부대로 지시되는 사항들은 2차 상급지휘관의 본래의 의도가 완화되거나 일부 변경될 수 있는 가능성이 존재한다. 예하부대들은 1차 상급지휘관으로부터 주로 통제되기 때문에 그 어느 조직보다 1차 상급조직의 영향이 강하게 작용할 수밖에 없다. 이러한 예는 평가 책임자인 2차 상급지휘관이 작전 요소 위주의 부대운영을 강조하더라도, 1차 상급 지휘관에 의해

그 의도가 완화 내지는 변경되어 사고예방과 복지에 많은 자원이 투입될 수 있음을 부정할 수는 없다. 이럴 경우 피평가 부대장은 평시 직접적인 통제를 받는 1차 상급 지휘관의 의도를 업무에 보다 높게 반영하게 되고 이러한 결과는 피평가 조직의 성과의 방향이 1차 상급 지휘관이 의도하는 방향으로 진행하게 되어 평가를 담당하는 2차 평가 기관장의 성과에 대한 가중치와는 상이한 성과방향을 나타낼 수 있다. 결과적으로 피평가 부대는 자신의 1차 상급 지휘관의 의도를 충실히 반영하였음에도 불구하고 다른 그룹의 평가 대상들에 비해 낮은 평가결과를 나타내게 되는 것이다.

또한, 각 부대는 지휘라인에 따라 지역별로 달리 위치하고 있다. 동일한 지휘라인의 부대들은 유사한 지역에 분포되어 있고, 이러한 지휘라인별 지리적 특성의 차이는 다른 지휘라인의 부대들과 상이한 방식의 운영방식을 필요로 하게 되어 결국 성과의 차이로 이어질 수 있다. 지리적 차이는 특정 지휘라인의 예하부대들에게는 평가와 관련된 성과요소에 유리하게 작용할 수 있는 반면, 다른 지역들에 위치한 부대에게는 상대적으로 불리하게 작용할 수 있다.

계층적으로 형성된 단위부대의 성과는 이렇듯 지휘라인별로 상이한 외부적 환경의 차이에 의하여 달라질 수 있다. 따라서 성과평가에 있어서 공정성을 향상하기 위해서는 지휘라인별

로 갖게 되는 외부환경요소(1차 상급조직의 부대운영지침과 평가기관의 성과요소에 대한 중요도 차이, 지리적 특성 등)를 고려할 수 있는 평가모형이 적용되어야 한다.

3. 기존 방법론 검토

성과평가를 위한 두 가지 기본 접근법은 모수적인 방법과 비모수적인 방법으로 나눌 수 있다. 모수적인 접근법의 대표적인 형태는 회귀분석이며, 비모수적인 접근법의 대표적 형태는 DEA이다. 그동안 많은 연구에서 이들 방법이 사용되어 왔으며, 현재는 각 방법의 장단점을 보완·결합하려는 시도로 이어지고 있다.

3.1 DEA(Data Envelopment Analysis)와 모수적 성과평가 모형

DEA(Data Envelopment Analysis)는 1978년 Charnes 등이 선형계획법을 근간으로 공공서비스 조직에 대한 성과측정을 위하여 개발한 효율성 평가 기법이다[8]. 다수의 투입물을 이용하여 다수의 산출물을 생산하는 동질적인 측

$$\begin{aligned}
 \max \quad & \theta_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \\
 \text{s.t.} \quad & \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \\
 & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \leq \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \\
 & \quad (j = 1, 2, \dots, n) \\
 & u_r, v_i \geq 0
 \end{aligned} \tag{1}$$

x_{i0} : DMU j 의 i 번째 산출물의 양
 y_{r0} : DMU j 의 r 번째 산출물의 양
 v_i : i 번째 투입물에 대한 가중치
 u_r : r 번째 산출물에 대한 가중치

정대상, 즉 DMU(Decision Making Units; 의사 결정단위)들의 상대적인 효율성을 평가하기 위한 방법으로서, 모수적인 평가기법의 선형적 함수형태를 가정할 필요가 없다는 큰 장점이 있다.

<식 1>은 DMU₀의 효율성을 측정하기 위한 CCR input oriented 모형으로서 Charnes, Cooper and Rhodes가 처음으로 소개한 DEA 모형으로, 이들의 이름을 따서 CCR 모형이라고 한다. 목적함수는 개별산출물의 가중합을 최대화하는 것이며, 결정변수는 투입과 산출물의 가중치이다. 동일한 산출물을 생산할 수 있는 최소한의 투입물이 사용되도록 투입 및 산출 요소의 가중치를 결정하고, 해당 DMU의 효율성(목적함수)을 최대화하는 값을 도출하는 것이다. 해당 DMU의 투입 가중합이 1이고, 모든 DMU들의 산출 가중합은 투입 가중합보다 같거나 작아야 한다는 제약조건이 포함되기 때문에 가장 양호한 경우의 효율성이 1을 초과할 수 없게 된다. 이러한 선형계획 모델을 DMU의 수만큼 수행하여 얻은 효율성 값을 함께 평가되는 다른 DMU의 투입산출 구조에 따라 달라지며, 개별 요소의 가중치는 DMU별로 상이한 값을 나타내게 된다.

한편 output oriented 모형은 동일한 투입에

서 산출물을 최대화하도록 하는 가중치를 도출하는 모형으로서 (식 2)와 같은 형태로 구성되며, 효율성은 $1/\theta_0$ 로 계산된다.

$$\begin{aligned}
 \min \quad & \theta_0 = \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} \\
 \text{s.t.} \quad & \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} = 1 \\
 & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \leq \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \\
 & \quad \quad \quad (j = 1, 2, \dots, n) \\
 & u_r, v_i \geq 0
 \end{aligned} \tag{2}$$

비모수 기법인 DEA는 모수적 기법이 가지고 있는 선형적 함수의 가정이라는 문제점을 피할 수 있고, 다차원의 투입과 산출을 고려하면서도 그 결과를 효율성이라는 1차원의 효율성 수치로 제시할 수 있다. 또한 DMU별로 서로 상이한 가중치는 해당 DMU가 직면한 운영 환경에 따라 탄력적으로 성과를 추구하도록 하여 환경의 변화와 다양성을 고려한 DMU 관리자의 재량적 경영활동을 유도하도록 할 수 있다.

반면, 동질성을 가정하는 DMU들이 집단 환경의 차이로 인해 집단별로 성과에 중대한 영향을 받을 경우 공정한 측정이 곤란하고, 최대 효율성의 상한을 1로 설정함으로써 다수의 동일 효율성을 갖는 DMU들이 출현하여 변별력에 대한 강화가 필요하다. 아울러 DEA 효율성 수치는 유사한 투입·산출 구조를 갖는 peer

DMU들을 기준으로 해당 DMU의 효율성을 산출하기 때문에 단일 효율성 기준선(efficient frontier)이 아니라 상이한 효율성 기준선을 이용하게 된다. 또한 선형계획법에 의한 해법을 찾는 과정에서 발생하는 과잉투입(생산)요소(slack)로 인하여 서열측정의 제한이 있게 된다. Adler등[9]은 DEA의 이러한 문제점을 고려하여 DMU들의 순위부여를 위한 제반 방법들을 고찰하였다. 이러한 방법들은 추가적인 선호정보(요소가중치 등)를 요구하거나 추가적인 순위부여 절차개발을 통하여 달성된다(DEA와 관련된 세부적 내용은 Cooper 등[10]을 참조하시오).

DEA에서 취급하는 DMU는 동질성을 가정하나 DMU가 위치하고 있는 외부 환경의 차이가 성과에 주요한 영향을 발휘할 경우-예컨대, 중심상권과 시외곽지역에 위치한 지점의 성과, 공장지역과 주택지역 도서관의 성과차이 등-에는 DMU의 위치적 잇점 자체가 성과에 큰 영향을 끼치므로 이에 대한 추가적인 고려가 필요하다. 이러한 환경요소를 범주형 변수로 성과평가에 반영하기 위해 기본 DEA 모형을 확장한 형태로서는 Banker와 Morey[11]와 Tone[10]의 모형 등이 있다. 그러나, 이들의 방법은 DEA 기법만을 이용하여 범주형 변수를 취급하였기 때문에 앞에서 언급한 비모수적 기법의 단점을 극복하기는 곤란하였다.

효율성평가를 위한 또 다른 대표적 접근법은

회귀분석을 중심으로 하는 전통적인 모수적 통계기법이다. 회귀분석은 개별 DMU가 산출할 수 있을 것으로 예상되는 기대산출량(expected outputs)과 실제산출량(actual output)과의 차이를 비효율로 비롯되는 차이와 확률적 원인(random noise)으로부터 기인하는 차이로 구분해줄 수 있고, 생산함수를 가정하고서 모수적 형태의 프론티어를 도출함으로써 투입과 산출의 관계를 분명히 해줄 수 있다는 장점뿐만 아니라, 예측의 용이성을 달성할 수 있다는 장점을 가지고 있다[12]. 그러나, 무엇보다 생산함수에 대한 사전적인 가정이라는 큰 위험은 모형전반에 대한 타당성을 확보하기가 곤란하다.

모수적 접근과 비모수적 접근의 우월성에 대한 각종 비교연구 결과는 상반된 형태로 보여지고 있으나, 이러한 상반된 주장들은 평가의 목적과 자료의 성격에 따라 두 가지 평가방법을 선택적으로 사용하도록 하고 있다[13].

이러한 노력의 연속선상에서 모수적 방법과 DEA의 본질적인 장점을 살리고 단점들을 극복할 수 있도록 하기 위하여 두 방법의 결합을 시도하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 중에서 DEA 효율성을 회귀분석모형에서 종속변수로 이용하는 방법은 DEA의 효율성 수치에 영향을 미치는 내외부적 요소를 별도로 설정하여 회귀분석을 수행하는 방법과, 종속변수의 효율성 수치가 0~1로 제한됨에 따라 토빗(TOBIT) 모형을 적용하는 모형이 있다. 또한

DEA 수행결과 도출된 DMU들의 효율 또는 비효율의 여부를 더미변수(dummy variable)로서 회귀분석에 반영하는 형태 등으로 나타났다. 그러나, 이러한 회귀분석으로의 결합은 어떻게 새로운 독립변수를 설정할 것인가의 원칙이 없고, 종속변수의 효율성이 독립적이지 못하다는 문제점을 내포하고 있다[14].

3.2 제약정준상관분석

DEA와 회귀분석의 결합사용에 관한 노력은 다수의 투입·산출을 평가하기 용이한 정준상관분석(CCA: Canonical Correlation Analysis)의 사용으로 이어졌다. CCA는 회귀분석의 확장된 형태로서, 투입군과 산출군을 각각의 결합함수 형태로 변환하고 이들의 상관계수가 최대화되도록 하는 공통의 가중치를 찾는 다변량 통계 기법이다. 정준상관분석을 DEA와 연결시키려는 노력은 Sengupta[15]에 의하여 비롯되었다. 그는 DEA에 사용될 투입·산출변수를 선정하기 위해 CCA를 최초로 사용했고, 이후 Friedman과 Sinuany -Stern[16], Arnold등[17]에 의하여 발전되었으며, Tofallis[18]는 DEA와 CCCA의 결합사용을 제안했다.

그동안 정준상관분석이 방법론적으로 매우 적용가능성이 높은 방법론임에도 불구하고 실제사용이 그만큼 높지 않은 것은 투입(산출) 변수들의 선형결합으로 형성되는 투입(산출)군의 모형에서 개별 변수들의 계수(정준계수)가

음의 값을 갖게 됨으로써 해석상의 곤란함이 발생하기 때문이었다[19]. 정준상관분석의 이러한 사용상의 문제점을 해결하기 위한 모형이 CCCA(Constrained Canonical Correlation Analysis)이다. CCCA는 정준상관분석의 확장으로서 정준계수(canonical coefficient)가 음의 값이 되는 것을 방지할 수 있게 고안된 기법이다[18]. Tofallis는 DEA를 이용하여 효율적인 DMU들을 선정한 후 선정된 DMU들의 자료를 가지고 CCCA를 수행하여 기대효율프론티어(expected efficient frontier)를 결정하였다. 따라서 공통가중치를 가진 단일형태의 효율프론티어를 얻을 수 있고, 이를 바탕으로 개별 DMU의 효율성 측도를 구할 수 있어서 앞에서 언급한 DEA의 단점을 극복 할 수 있다. Tofallis가 제시한 CCCA의 방법을 설명하면 다음과 같다.

우선 m 개의 투입변수 x_i ($i = 1, \dots, m$)와 s 개의 산출변수 y_r ($r = 1, \dots, s$)가 있다고 가정하자. 첫째 단계에서 DEA를 수행하여 얻어진 효율적인 DMU들의 투입자료와 산출자료 행렬을 각각 \mathbf{x} 와 \mathbf{y} 라 하자. 두 번째 단계에서 \mathbf{x} 와 \mathbf{y} 를 가지고 투입과 산출에 대한 선형결합함수를 다음과 같이 구성한다.

$$X = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_mx_m$$

$$Y = b_1y_1 + b_2y_2 + \dots + b_sy_s$$

그리고 X와 Y의 상관관계를 최대화하기 위한 CCCA를 (식 3)과 같이 사용하여 정준계수의 벡터 $\mathbf{a} = (a_i)$ 와 $\mathbf{b} = (b_r)$ 을 추정한다.

$$\max_{\mathbf{a}, \mathbf{b} \geq 0} \frac{\text{Co}(X, Y)}{\sqrt{\text{Va}(X)\text{Va}(Y)}} = \frac{\mathbf{a}^T \mathbf{X}^T \mathbf{Y} \mathbf{b}}{\sqrt{(\mathbf{a}^T \mathbf{X}^T \mathbf{X} \mathbf{a})(\mathbf{b}^T \mathbf{Y}^T \mathbf{Y} \mathbf{b})}} \quad (3)$$

<식 3>은 비선형 문제이지만 쿤터커-라그랑지안(Kuhn-Tucker Lagrangian)이론을 통하여 최적해가 존재함을 증명할 수 있고, 최적해는 엑셀(Excel) 등을 이용하여 찾을 수 있다[20].

추정된 X와 Y를 가지고 단순회귀분석을 수행함으로써, 다음과 같은 기대효율프론티어를 설정한다.2)

$$\begin{aligned} EY &= \gamma_0 + \gamma_1 X \\ &= \gamma_0 + \gamma_1 (a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_m x_m) \end{aligned}$$

세 번째 단계는 개별 DMU의 효율성측도를 계산하고 이를 바탕으로 순위를 부여한다. 이때 개별 DMU_j의 효율성은 투입자료의 기대효율프론티어 값(EY_j)에 대한 실제 산출자료의 선형함수 값(Y_j)의 비율로 계산된다. 따라서 효율성이 효율적인 것으로 기대되는 산출에 대한 실제 산출의 비율로 계산된다.

2) 만약 X와 Y의 상관계수가 충분히 높지 않거나 만족스럽지 못할 경우, 앞에서 사용한 선형결합함수 대신 다른 비선형결합함수 등을 고려하여 정준계수를 다시 추정할 수 있다.

앞에서 언급한 바와 같이 본 접근법은 오직 DEA만의 사용으로부터 도출된 효율성의 단점을 극복할 수 있게 한다. 즉 잔여 비효율 요소의 처리문제가 사라지고, 공통가중치를 적용한 단일형태의 효율프론티어를 바탕으로 효율성 측도를 얻을 수 있을 뿐만 아니라, 더 나아가 DMU들의 순위부여를 가능하게 한다.

4. 범주형 변수를 고려한 CCCA

본 논문에서는 기존의 성과평가에서 반영하지 않던 두 가지, 즉, 1차 상급 지휘관과 평가단의 성과요소에 대한 인식의 차이와 부대별(지역별) 임무 및 지형상의 특성으로 인한 부대 운영방향의 차이를 평가에 반영하는 방법을 제시하도록 한다. 비모수적 기법과 모수적 기법의 장점을 결합하여 성과에 영향을 미치는 DMU들의 외생적 환경(1차 상급 지휘관인 연대장의 지휘방향, 연대별로 가지는 지역의 특성 등)의 연대별 차이를 범주형 변수로 분리하고 이들의 효과를 평가 모형에 반영하였다. 본 논문에서는 기존의 CCCA 방법으로는 적용할 수 없었던 범주형 환경변수를 모형에 반영하고, 이를 기초로 상이한 환경여건에 대해 효율프론티어를 달리 도출함으로써 DMU에 대한 성과측정의 공정성을 제고하였다.

평가모형 및 과정은 다음과 같다.

우선, 투입변수와 산출변수를 이용하여 기본

형 DEA를 수행하고 효율적인 DMU를 선정한다. 효율적인 DMU들의 투입과 산출자료 각각에 대한 선형결합을 통하여 정준변수(X, Y)를 구성한다. 이때 범주형 환경변수를 선형결합에 포함함으로써 선형결합은 다음과 같이 구성된다.

$$X = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_mx_m + a_{m+1}x_{m+1} + a_{m+2}x_{m+2} + a_{m+3}x_{m+3}$$

여기서 $x_{m+1}, x_{m+2}, x_{m+3}$ 은 피평가부대가 속한 1차 상급부대를 의미하는 범주형 변수이다. 본 논문에서 다루는 피평가부대는 대대급이고, 각 대대를 통제하는 1차 상급부대는 3개 연대로 설정하였다. 각 연대별 범주형 변수의 값은 A연대:1,0,0, B연대:0,1,0, C연대:0,0,1의 값을 부여하도록 한다. 비모수적 방법을 모수적 방법과 결합시키는 과정에서 투입과 산출의 관계를 형성하는 것이 매우 중요하다. 본 연구에서는 환경이라는 투입변수가 성과에 매우 긴요한 역할을 하는 투입물로 작용하기 때문에 이를 포함한 투입산출관계의 형성이 필요하다. CCCA를 사용하여 정준계수(a와 b)를 추정하고, 단일차원으로 축소된 X와 Y를 이용하여 회귀분석을 수행하게 된다. 회귀분석으로 결정되는 회귀방정식은 기대효율프론티어(EY)가 되며 다음과 같이 구성된다.

$$\begin{aligned} EY &= \gamma_0 + \gamma_1 X \\ &= r_0 + \gamma_1 \sum_{i=1}^{m+3} a_i x_i \\ &= r_0 + \gamma_1 \sum_{k=1}^3 a_{m+k} x_{m+k} + \gamma_1 \sum_{i=1}^m a_i x_i \end{aligned} \quad (4)$$

이 과정에서 효율프론티어의

$\gamma_1 \sum_{k=1}^3 a_{m+k} x_{m+k}$ 은 해당 DMU에게 영향을 미치는 범주형 환경변수의 효과로서 작용하는 부분이다. 각 DMU는 자기가 어느 범주에 속해 있느냐에 따라 $(\gamma_1 a_{m+1}), (\gamma_1 a_{m+2}), (\gamma_1 a_{m+3})$ 만큼의 차이를 가지는 절편(intercept)을 갖게 된다.

세 번째 단계는 도출된 기대효율프론티어로부터 실제 산출의 선형결합치와의 차이를 이용해 개별 DMU의 효율성측도를 계산하고 순위를 부여하는 단계이다. 이때 효율성측도는 DMU의 투입물로서 달성될 것으로 기대되는 산출(EY)에 대한 실제 산출(Y)의 비율로 계산한다.

설정된 기대효율프론티어에서 계수 $(\gamma_1 a_{m+k})$ 은 범주형 투입변수가 k 연대의 예하 대대들에 대하여 산출에 기여하는(또는 영향을 주는) 정도를 나타낸다. 범주형 투입변수의 값이 연대에 따라서 0과 1로 구성되는 세 개의 더미변수들로서 표현되기 때문에 해당 환경의 효과가 주는 영향이 크다면, 그 만큼 효율성을 산출하는 기대효율프론티어값이 증가되기 때문에 동일한 투입을 사용하는 다른 연대

의 부대들보다 더 높은 산출을 달성해야만 동일 효율성측도를 얻을 수 있게 된다. 따라서 이러한 프론티어의 상승은 일종의 페널티로서 작용할 수 있는 것이며, 환경의 효과가 좋지 않은 지역의 DMU는 상대적으로 효율프론티어의 절편이 낮아져서 효율에 대한 보상을 받게 되는 것이다.

5. 부대의 효율성 평가

5.1 A사단의 대대 성과평가

매년 연말이면, 각 부대에서는 한 해 동안의 부대 업무 전반에 대한 성과분석을 통하여 한 해를 정리하고 차기년도의 목표를 수립하게 된다. 본 논문에서 소개되는 모사단의 성과자료를 바탕으로 예하대대의 성과평가에 대한 대안적 방법을 제시하려 한다. 부대별로 다소 상이한 과정을 거칠 수 있음을 인정하면서, 사례문제에 접근하였다.

평가는 정기적으로 일반 및 특별참모를 통하여 점검된 분야별 점수를 인사, 정보, 작전, 군수의 일반참모부 4개 분야로 종합하고 획득된 분야별 점수에 일률적으로 사전 정해진 가중치를 곱한 가중합산 점수를 산출하여 각 대대대의 성과를 평가한다. 이러한 평가방식은 Metters[21]가 언급한 문제점을 포함하여 다음과 같은 공정성의 문제를 내포하고 있다.

첫째, 상이한 투입자원을 고려하지 않은 평

가방법이다. 연중 균형된 전투력을 유지하기 위하여 비슷한 수준의 인력구성과 예산을 할당하지만 실제로 빈번한 장교들의 전출, 병사들의 전역 및 파견으로 인하여 때때로 1인 다역의 상황이 주어지게 되며, 부대에 따라 일시적으로 주요 보직자의 장기 미보직 상황이 지속될 수 있다. 따라서 이러한 투입인력의 차이는 곧 기존 구성원으로 하여금 다중 임무를 수행하는 부담으로 작용하고 이는 일부 임무에 대한 노력의 결여가 발생함으로써 성과에 대한 차이로 이어질 수 있으나, 기존의 성과 측정 방식에서는 이를 고려하지 않고 있다. 대대의 작전장교가 교육 및 파견 등으로 인하여 장기간 공석발생시 다른 참모요원이 이를 대리 또는 겸직함으로써 본래 보직된 해당 참모분야에 대한 업무에서는 상대적으로 낮은 성과를 야기할 가능성이 높다

둘째, 제한된 인원에도 불구하고 임무의 변화, 상이한 근무지원부대와의 원거리 위치는 상급 및 인접부대와의 원활한 협조 체계를 제한시킨다. 전투근무지원부대 또는 상급부대와 원거리 위치 등은 업무협조, 관련 정보 획득에 차이를 보여 성과의 차이를 야기하는 일이 빈번하다. 예컨대, 보유 장비의 정비소요가 발생할 경우에도 인접 정비지원부대가 근거리 에 위치한 부대가 그렇지 아니한 부대보다 정비시간을 단축시켜 장비 가동률을 높게 유지할 수 있는 것이다.

셋째, 해당 연대장의 지휘방향이 사단에서 측정하는 평가 배점의 가중치와 상이한 현상이 빈번히 발생할 수 있다. 이 경우 피측정 부대장인 각 대대장들은 계층적 구조로 구성된 지휘계통에 따라 해당 1차 상급지휘관인 연대장의 지휘의도 구현에 노력을 더 투자하는 경향이 있다. 예컨대, 평가 분야중 작전분야에 배점이 인사분야보다 더 높게 할당되어 있다고 하더라도 1차 상급지휘관의 부대운용방향이 부대원의 사고예방과 복지정책을 보다 강조한다면, 야간 및 악천후의 수색작전과 같은 위험요소를 수반하는 활동은 임무수행을 위한 최소한의 수준만을 유지한 채 상대적으로 다른 분야에 더욱 많은 노력을 투입하게 되어 해당 분야에 대한 평가시 다른 연대의 대대들 보다 낮은 점수를 받을 가능성이 높다는 것이다.

넷째, 고정된 평가요소에 대한 가중치는 대대장의 융통성 있는 관리를 제한한다. 평가기관에서 정한 일률적인 가중치는 피평가 부대가 직면하고 있는 내외적 여건이 상이함에도 불구하고 동일한 평가방향으로 해당 조직을 측정하게 된다. 피평가 부대장은 해당 부대의 전투력을 향상시키기 위하여 취약요소를 보완하고 상대적 잇점을 향상시키기 위하여 탄력적으로 부대를 운용하여야 하나, 평가요소의 고정된 중요도(배점)는 자원활용의 융통성을 제한시킴으로써 중요도가 높은 분야에 더욱 많은 자원을 투입하도록 강요하게 된다. 따라서 해당 부대

의 장단점, 환경적인 조건을 고려하여 해당 부대의 특성을 반영할 수 있는 성과평가방식이 요구된다.

5.2 자료 및 투입/산출 변수

앞에서 제기한 모사단의 성과평가의 문제점을 보완할 수 있는 대안적인 방법으로서 제약정준상관분석(CCCA: Constrained Canonical Correlation Analysis)을 이용하였다. 그러나 1차 상급기관인 연대별 특징이 강하게 반영되는 대대급의 성과는 해당 대대가 어느 연대에 속해있느냐에 따라 성과가 변할 수 있으므로 이를 범주형 환경변수로 취급하였다. DEA를 통해서 효율적인 대대를 선정한 후, 이들 자료에 범주형 환경변수를 결합한 제약정준상관분석을 수행하여 기대효율프론티어를 설정하고 최종적인 효율성 점수를 도출하였다.

자료는 모사단의 부대 평가자료를 기초로 하였으며, 논의의 명확성을 위해 자료를 수정·보완하였다. 본 논문에서는 매월 측정되는 피평가부대의 성적을 개별 DMU로 취급하여 평가를 진행하였다. 12개월의 성과자료를 개별 DMU로 취급하여 모두 108개(3개 연대*3개 대대*12개월)의 DMU를 평가함으로써, 각 대대는 12개의 효율성 점수를 획득하게 되는 것이다. 이러한 분석은 매월 해당 대대의 효율성의 변화추이를 제시해줌으로써 부대 성과에 대한 동태적 분석을 가능하게 해준다.

1단계 DEA를 위한 투입변수는 해당 대대를 구성하고 있는 장교, 부사관, 병의 각각의 인가대 보직비율을 사용하였다. 각 대대는 보직인원과 보급된 장비 및 예산을 주요 자원으로 하여 임무를 수행한다. 그러나, 장비 및 예산은 각 대대가 보병대대급으로서 동일한 자원을 할당받게 되어 대대별 투입규모의 차이가 없다고 할 수 있다. 하지만 인력면에서는 각종 교육, 파견, 전출, 전역 등으로 인하여 수시로 투입인원의 변화가 발생하며, 때로는 상당기간 주요 보직자의 결원이나 신규 충원요원의 미보직 사태가 발생하기도 한다. 인적 구성은 장교 및 부사관, 병으로 세분화하여 투입 자원으로 설정하였다.

산출요소는 우수부대 선정 점수를 이루는 인사, 정보, 작전, 군수 분야의 성적들이다. 자료는 가중치를 배제하기 위하여 100점 만점을 기준으로 환산한 점수를 이용하였다.

<표 1> 개별 성과요소에 대한 연대별 평균 차이 검정

구분	인사	정보	작전	군수
A연대	90.80	91.22	90.24	90.38
B연대	89.76	90.81	91.18	90.63
C연대	89.17	90.55	91.54	89.22
F값	20.017*	1.336	8.125**	5.907**

* : $p < 0.001$, ** : $p < 0.05$

<표 1>은 연대별로 가지는 독특한 특성이 해당 대대들의 성과에 차이를 유발시키는 지를 조사하기 위해, 4개의 성과요소 각각에 대해

연대별 차이가 존재하는지를 일원배치 분산분석(ANOVA)을 통해 분석한 결과를 결합한 자료이다. 성과 항목중 정보분야를 제외한 3개 분야에서 모두 유의수준 5% 미만으로 연대별로 차이가 발생함을 확인할 수 있다. 이는 연대별로 지역적 차이에 의한 것일 수도 있고, 해당 연대장의 부대 운용방향의 차이에서 비롯되었을 수도 있는 것이며, 해당 대대들은 이러한 환경의 차이를 감안하여 부대활동을 전개하고 있다. 단순한 성과의 차이를 보면 인사와 정보는 A연대, 작전은 C연대, 군수는 B연대가 가장 우수한 성적을 거두고 있다. 그러나 인적 투입요소의 차이와 더불어 연대별로 1차 상급 지휘관인 연대장이 요구하는 지휘방향이 상이하게 요구되는 상황에서 이러한 차이들이 고려되지 않는 일률적인 가중합산 방식의 평가는 피평가 부대인 대대의 입장에서는 공정한 평가로 인정되기 어렵다. 즉, 동일한 노력을 효과적으로 투입하였다고 하더라도 연대별로 갖는 환경적 차이에 의해서 대대별 성과의 차이가 유발 될 수 있기 때문이다.

5.3. 결과분석

5.3.1 DEA 수행결과

본 사례는 유사한 투입을 보이는 대대급 성과평가를 다루는 것이기 때문에, 자원의 최소 투입을 위한 방향보다는 주어진 자원을 활용하여 최대한의 산출을 찾아내도록 하기 위한 연

구이다. 따라서 1단계의 DEA 모형은 CCR output oriented 모형을 수행하였다. DEA 수행 결과 효율적인 DMU의 수는 <표 2>과 같다. 개별 대대들의 특성만을 고려한 DEA 수행 결과 총 108개중 30.6%인 33개의 효율적인 DMU가 나타났으며, A연대가 가장 많은 15개의 효율적 DMU를 보이고 있었다. 평균 효율성 면에서도 A연대가 다른 연대의 DMU보다 높은 결과를 보였다. 그러나, 이러한 DEA 결과는 대대의 상이한 부대운영 여건을 반영할 뿐이지 해당 대대가 속해있는 연대의 지형적 특성과 연대장의 지휘의도, 지휘능력에 따른 차이가 모형에 반영되지 않아 바람직한 평가결과라고 보기 어렵다. 따라서 각 연대가 갖는 환경적 차이를 범주형 환경변수로 반영하는 CCCA 모형 적용의 필요성이 제기된다.

<표 2> DEA 수행 결과

구분	계 (평균)	A연대			B연대			C연대		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
계	108	12	12	12	12	12	12	12	12	12
DMU 수	33	3	7	5	3	2	3	2	5	3
비율 (%)	30.6	25	58	42	25	17	25	17	42	25
효율성	0.9926	0.9981			0.9918			0.9879		

5.3.2 효율프론티어 도출

CCCA 분석을 통한 개별 변수들의 기여도를 측정하기 위한 모형은 선형 결합된 투입(X)과

산출(Y)의 상관계수를 최대화하는 정준계수를 구하는 과정이다. DEA 분석결과 효율적인 DMU들만을 대상으로 범주형 환경변수가 포함된 투입과 산출을 <식 3>의 모형에 대입함으로써 비효율적인 DMU의 개입을 사전에 차단하게 된다. 투입과 산출의 선형결합이 최대가 되도록 하는 정준계수를 도출함에 있어 연대별 특성을 3개의 범주형 변수로 설정하였다. A 연대는 1,0,0, B 연대는 0,1,0, C연대는 0,0,1이라는 더미변수 형식의 범주형 변수를 포함시킴으로써 연대만이 갖는 특성을 고려한 효율프론티어를 도출하는 것이다.

<표 3> CCCA의 개별 변수의 계수값

구분	투 입 변 수					
	범주형 환경 변수			장교	부사관	병
값	A	B	C	1.236	1.609	1.767
	6.495	0.650	4.047			
구분	산 출 변 수					
값	인사		정보	작전	군수	
	4.391		1.250	10^{-6}	0.284	

<표 3>은 효율프론티어를 설정한 결과이다. 해당 계수는 상관계수의 최대화를 위해 개별변수가 투입(산출)변수에 기여하는 바이다. 제약 조건으로는 개별 변수의 기여도가 항목에서 완전히 배제되는 것을 막기 위해 10^{-6} 보다는 크게 작용하도록 제약하였다.

<표 3>의 각 개별변수의 계수(정준계수)를 적용하게 되면 투입과 산출은 다음과 같은 선형 결합함수로 표현된다.

$$X = (6.495 \times d_1) + (0.650 \times d_2) + (4.047 \times d_3) + (1.236 \times \text{장교}) + (1.609 \times \text{부사관}) + (1.767 \times \text{병})$$

$$Y = (4.391 \times \text{인사}) + (1.250 \times \text{정보}) + (10^{-6} \times \text{작전}) + (0.284 \times \text{군수})$$

제약정준상관분석 결과 최대화된 상관계수는 0.913이었다. d_1, d_2, d_3 는 해당 연대별 특성을 나타내는 0과 1의 이진변수(binary variable)이다. 개별 정준계수의 크기를 살펴보면, 환경변수의 경우 A연대의 범주적 특성이 예하 대대의 성과에 가장 큰 기여를 하고 있었으며, B연대의 특성은 가장 적은 기여를 하고 있음을 알 수 있다. 이러한 범주형 변수의 상이한 효과는 곧 DEA 효율적인 대대의 수에서도 A연대가 가장 많고, B연대가 가장 작게 나타나는 중요한 원인이 될 수 있다. 다른 투입물 중에서는 병, 부사관, 장교의 순으로 투입물에 기여하는 정도가 도출되었다. 이러한 결과는 투입물의 자료를 단순 수량 자료가 아니라 비율 자료(인가 대 보직 비율)로 사용하였고, 기획이나 계획 기능보다는 실행기능이 주를 차지하고 있는 대대급 부대의 성과를 측정하기 때문인 것으로 판단된다. 산출물의 기여는 인사분야가 가장 큰 기여도를 보이고 있으며, 작전분야에서 가장 적은 기여를 보였다. 이는 DEA 효율적인

대대들이 공통적으로 인사분야에 높은 점수를 획득하였으며, 작전분야에서는 편차가 비교적 크게 발생했음을 알 수 있다.

기대효율프론티어는 선형결합된 정준변수 X와 Y를 이용한 단순회귀분석을 통하여 회귀방정식을 도출하는 것이다. 회귀분석 결과 기대효율프론티어는 <식 5>와 같이 구성되었다. 절편과 회귀계수 모두 유의수준 0.001에서 유의한 t값을 보이고 있었으며, 설명력을 나타내는 r^2 값은 0.833 으로 나타났다.

$$Y_e = 102.340 + 0.975X \dots\dots\dots(5)$$

(2.938) (12.430)

() : t 값

5.3.3 CCCA 효율성

도출한 기대효율프론티어를 이용하여 각 DMU의 CCCA 효율성을 결정할 수 있다. CCCA 효율성은 정준계수를 이용한 실제 투입물의 선형결합물을 적용하였을 때 효율적으로 기대되는 값인 기대효율프론티어의 값에 대한 실제 산출의 선형 결합치의 비율로 계산된다. 따라서 이는 효율성의 개념인 산출물과 투입물의 비율로 표현되는 것이다. DEA 효율성은 1을 초과할 수 없지만, CCCA 효율성은 회귀분석과정을 거친 기대효율프론티어를 도출하여 구해지므로 1이 초과되는 DMU가 존재할 수 있다.

연대별로 평균 CCCA 효율성은 A연대-B연

대-C연대 순으로서 DEA 평균 효율성 순위와 동일하였으나, 환경 범주의 효과를 고려함으로써 B연대와 A연대의 평균 CCCA 효율성의 차이는 매우 작아졌음을 확인 할 수 있다. 한편 효율성의 크기로 부여한 순위를 평균한 평균 순위면에서는 DEA에서는 A연대-B연대-C연대 순이었지만 CCCA 평균 순위에서 B연대와 A연대의 순위가 역전이 되었음을 확인할 수 있다(<표 4> 참조).

<표 4>DEA 효율성과 CCCA 효율성의 평균

구 분	DEA		CCCA	
	효율성	순위	효율성	순위
A연대	0.9981	29.1	0.9959	52.1
B연대	0.9918	56.3	0.9950	48.8
C연대	0.9879	63.5	0.9907	62.6

DEA 효율성과 CCCA 효율성의 차이가 충분하지 못하다면, 본 논문에서 제시하는 새로운 방법은 의미가 없게 된다. 도출된 효율성 값은 구간척도를 나타내기보다는 비율척도를 나타내는 순위의 의미를 가지므로, 효율성의 변화를 비교하기 위해서는 비모수통계기법의 사용이 바람직하다고 볼 수 있다. 따라서 Mann-Whitney rank sum test를 실시하였고, 그 결과를 <표 5>에 정리하였다. Mann-Whitney 비모수 검정 결과 두 효율성간에는 90% 이상의 신뢰도를 나타냄으로써 두 효율성간의 유의한 차이가 존재함을 통계적으로

확인할 수 있었다.

<표 5> DEA 효율성과 CCCA 효율성의 Mann-Whitney 비모수 검정 결과

구 분	값
Mann-Whitney의 U	5006.500
Z	-1.801
유의확률	.072

한편, 각 연대별 CCCA 효율성의 차이 역시 일원배치 분산분석 결과 약 90%의 신뢰도로 유의적인 차이를 보이고 있었다(F-value 2.355).

5.3.4 결과 분석

DEA 효율성과 CCCA 효율성의 평균값을 비교하여 보면, DEA에서 효율성이 1인 DMU는 모두 동일한 서열로 가정하여 효율적인 DMU 33개 모두 서열 1위를 기록하였다. 그러나, CCCA 효율성에서는 이러한 동일 효율성 문제를 해소할 수 있기 때문에 전체에 대한 서열화가 가능해진다. A연대의 경우 평균 순위가 상당히 악화되었고, B연대는 순위가 상승되었으며, C연대는 약간의 순위 상승의 변화를 나타냈다. 이는 A연대의 환경적 특성이 B연대와 C연대의 환경적인 특성에 비해 상대적으로 성과에 매우 유리하게 작용하고 있었음을 의미한다. 성과에 긍정적인 영향을 끼치는 A연대의 범주형 환경변수는 효율프론티어의 절편이 다른 연대에 비해 높게 나타남으로써, 상대적으로

로 A 연대의 예하 대대들에게 적용되는 효율 프론티어를 위로 상승시키는 역할을 하게 된 것이다. 반면 B연대는 상당한 순위 향상이 나타났다. A 연대의 환경의 영향과 반대로 B연대의 환경적 특성은 상대적으로 성과에 좋지 않은 영향을 미치고 있었음을 의미한다. 따라서 B연대 예하의 대대들은 다른 대대와 동일한 노력을 투입하였더라도 B연대 전체에 작용하는 환경의 부정적 영향으로 인하여 DEA 효율성이 낮게 나온 것이었다. 따라서 환경적 영향을 평가에 반영한 CCCA 효율성은 기대효율 프론티어의 절편이 다른 연대에 비해 작기 때문에 프론티어가 상대적으로 낮아진 결과를 가져오고, 이는 곧 B연대의 DMU들에게 효율성 산출에 있어서 보상의 효과를 가져다 줄 수 있는 것이다. <표 6>은 각 연대별 기대효율프론티어의 절편을 제시한 것이다. <식 4>에 나타난 바와 같이 범주형 환경변수에 해당하는 정준계수는 곧바로 절편으로 이어지게 된다.

<표 6> 기대효율프론티어의 절편

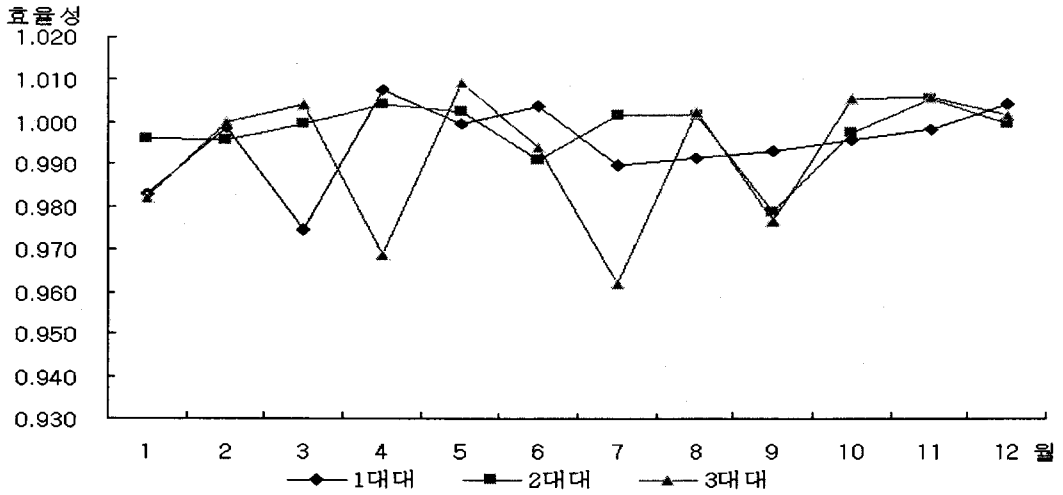
$$(\gamma_0 + \gamma_1 \sum_{k=1}^3 \alpha_k d_k)$$

구분	A연대	B연대	C연대
r_0	102.34		
α_k	6.495 (k=1)	0.650 (k=2)	4.047 (k=3)
절편	167.1	108.8	142.7

본 연구에서는 각 대대의 1월부터 12월까지 12개의 성과 자료를 개별적인 DMU로 사용하였다. 12개의 효율성 자료를 이용하여 우수부대의 정의를 판단하는 것은 해당 평가 지휘관이 재량적으로 판단해야 할 부분이다. 월별 효율성의 서열을 누적하여 최소의 서열을 기록한 대대를 우수부대로 선정하거나, 총 기간의 효율성의 평균을 측정하여 최대 평균 효율성을 획득하는 부대로 선정하는 방법 등이 있을 것이다. <표 7>은 후자의 방법으로 우수부대를 선정할 경우 A연대 2대대가 최우수 부대로 선정될 수 있음을 보이고 있다.

<표 7> 각 대대의 동태적 효율성 변화

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균	서열	
A연대	1대대	0.989	0.999	0.998	1.004	0.996	1.000	1.001	0.994	0.992	0.994	0.998	0.985	0.9957	3
	2대대	0.997	1.002	0.999	0.997	0.992	0.996	1.009	0.998	1.004	0.996	0.989	0.995	0.9978	1
	3대대	0.994	0.987	1.010	0.996	0.995	1.003	0.971	1.000	0.995	1.001	1.002	0.977	0.9943	6
B연대	1대대	0.983	0.998	0.975	1.007	1.000	1.003	0.990	0.992	0.993	0.995	0.998	1.004	0.9948	4
	2대대	0.996	0.995	0.999	1.004	1.002	0.991	1.001	1.002	0.979	0.997	1.005	0.999	0.9977	2
	3대대	0.982	1.000	1.004	0.969	1.009	0.994	0.962	1.002	0.977	1.005	1.006	1.001	0.9926	7
C연대	1대대	0.991	0.991	0.976	0.981	1.003	0.981	0.995	0.986	1.002	1.001	1.003	0.953	0.9887	9
	2대대	0.963	1.001	0.991	0.987	0.992	0.996	1.001	0.990	0.979	0.964	0.998	1.004	0.9888	8
	3대대	0.996	0.983	0.990	1.002	1.006	1.008	0.994	1.008	0.971	0.992	0.990	0.997	0.9947	5



<그림 1> B연대 예하 대대들의 효율성 변화추이

한편, 각 대대의 월별 효율성 점수는 동태적인 분석을 가능케 해준다. 시간의 변화에 따라 효율성 점수의 기록을 살펴보고, 이에 대한 원인을 분석할 수 있다. <그림 1>은 월별 효율성 변화추이를 B연대의 3개 대대를 대상으로 묘사한 그림이다. 1대대의 경우 연초에 낮은 성과를 나타냈으나 이후 지속적인 성과향상을 보이고 있어, 부대가 안정적으로 성장하는 모습을 띠고 있다. 7월에 성과가 저조한 이유는 간부들의 전역과 신입간부들의 충원으로 인한 일시적 업무 공백의 결과일 것으로 판단된다. 2대대는 9월의 성과가 일시적으로 저조하였지만 3개 대대중 가장 안정된 모습을 보이고 있다. 9월의 낮은 성과는 진지공사가 장기화됨에 따라 다른 부대활동이 제한되어 성과가 저조한 것으로 판단된다. 가장 기록이 심한 3대대는

별도의 지휘관심이 요구되는 부대이다. 이러한 부대는 성과가 좋고 나쁨에 따라 부대 전체가 흔들리는 모습을 나타내고 있다. 따라서, 해당 대대장은 물론 연대 및 사단에서도 별도의 관심이 필요한 부대라고 판단된다. 이러한 성과평가의 결과는 성과평가의 기본적인 취지 중의 하나인 조직의 취약점을 발굴해 주는 역할을 제공해 준다. 상급 지휘관 및 해당 부대장들로 하여금 스스로도 인식하지 못하던 자신들의 평가 결과를 통하여 취약점 발굴을 위한 객관적 참고자료를 획득하게 된 것이다. 과학적인 부대관리란 감으로 운영하는 부대지휘가 아니라, 객관적인 성과측정 자료를 통하여 취약점의 정확한 진단 및 보완의 연속적인 부대관리 과정이라 할 수 있기 때문이다.

6. 결 론

성과평가는 조직운영의 결과를 파악함으로써 우수한 성과를 보인 조직이나 조직원에 대한 인센티브 부여와 더불어 조직의 문제점을 발굴하여 차후 조직운영에 대한 방향을 설정하도록 도움을 줄 수 있는 역할을 하여야 한다. 본 논문에서 제시한 평가방법은 공정성과 객관성을 보완하기에 매우 효과적인 방법으로 판단된다. 또한 피평가 부대들로 하여금 효율성의 동태적인 분석을 통하여 조직의 문제점을 도출할 수 있도록 유도할 수 있는 자료를 제공할 수 있었다. 이러한 객관적인 자료는 대대를 지휘하는 부대장뿐만 아니라 상급부대로서의 연대나 사단에서 예하 부대를 위한 적절한 지원수단을 개발할 수 있도록 유도하는 계기도 될 수 있으리라 판단된다.

본 연구에서 제시하는 평가방법은 비모수적 기법인 DEA와 모수적 기법인 회귀분석을 결합한 CCCA 방법을 활용하였으며, 특히 그동안 적용되기 곤란하였던 범주형 환경변수를 평가에 반영함으로써 피측정 조직의 평가에 있어 공정성을 보완할 수 있었다. 이러한 평가 모형은 범주형 외생 변수가 성과에 중대한 영향을 발휘하는 다양한 경우에 사용될 수 있다. 기계화부대와 일반 보병부대와의 성과평가, 신무기를 도입한 부대와 기존의 무기체계를 이용하는 부대들의 평가, 또는 지리적으로 상당한

차이를 보이는 동일 직급의 부대에 대한 평가 등 많은 경우에 적용이 가능하리라 판단된다.

그러나, 본 연구 방법을 적용함에 있어 무엇보다 선행되어야 할 것은 특정한 외생적인 환경변수가 그 범주에 따라 성과에 분명한 차이를 보이고 있다는 객관적인 증거를 확보하여야 한다는 것이다. 본문에서 연대별 산출자료의 통계적 차이를 분석했던 것은 1차 상급 지휘관이나 연대별 특성이 성과에 분명한 차이를 가져온다는 사실을 확인하는 과정이었다. 그러나, 외생적인 환경변수가 성과에 분명한 차이를 보일 수 없다면, 환경변수를 모형에 반영하는 것은 오히려 평가의 왜곡을 야기할 수 있다.

본 연구에서는 기대효율프론티어를 도출하여 CCCA 효율성을 도출하였으나, 기대효율프론티어에는 반드시 변동이 포함되어 있다. 따라서 동일한 CCCA 효율성을 나타낸다고 하더라도 효율프론티어값들간의 산포도가 크다면 평가결과에 대한 추가적인 고려가 필요할 것이다. 따라서, 앞으로의 연구에서는 효율프론티어의 변동을 고려한 성과모형이 다루어져야 할 것이다.

또한, DEA 효율성의 도출과정에서 규모에 대한 수익의 변화(return to scale)를 고려해야 할 필요가 있다. 본문에서는 평가모형에 대한 설명의 용이성을 위해 동일한 규모인 대대급을 대상으로 사례를 들었으나, 실제로는 상이한 규모의 자원을 사용하는 경우가 빈번하다. 이

러한 경우에 DEA의 CCR 모형을 사용할 경우 규모수익의 변화를 고려할 수 없기 때문에 규모수익의 변화를 고려하여 효율성을 도출하는 DEA 모형인 BCC모형을 사용하여야 올바른 효율프론티어를 도출할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 김성준, 기관별 주요업무에 대한 성과평가 지표 개발, 한국행정연구원, 2002.
- [2] 청와대 새소식, <http://www.president.go.kr>, 2005년 3월 2일자.
- [3] 손석호, "IDEA모형을 이용한 단위부대 운영의 효율성 평가", 국방대학교 석사학위 논문, 2003.
- [4] 장철희, "IDEA Model을 적용한 군부대 교육훈련의 효율성 평가", 국방대학교 석사학위 논문, 2002.
- [5] 정우근, "IDEA Model을 이용한 군단급 이상 야전병원의 효율성 측정에 관한 연구", 국방대학교 석사학위 논문, 2003.
- [6] Cook, W.D. and R.H. Green., "Evaluating Power Plant Efficiency: A Hierarchical Model", Computers and Operations Research 32, pp.813-823, 2005.
- [7] Cook, W.D., D. Chai., J. Doyle. and R. Green., "Hierarchies and Groups in DEA", Journal of Productivity Analysis 10, pp.177-198, 1998.
- [8] Charnes, A., W.W. Cooper. and E. Rhodes., "Measuring Inefficiency of Decision-Making Units ", European Journal of Operational Research, Vol.2, pp.429-444. 1978.
- [9] Adler, N., L. Friedman. and Z. Sinuany-Stern., "Review of Ranking Methods in the Data Envelopment Analysis Context", European Journal of Operational Research, Vol.140, pp.249-265, 2002.
- [10] Cooper, W.W., L.M. Seiford. and K. Tone., Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software, Boston: Kluwer Academic Publishers. 2000.
- [11] Banker, R.D. and R.C. Morey., "The Use of Categorical Variables in Data Envelopment Analysis," Management Science, Vol. 32, 1613-1627, 1986.
- [12] Gong, B. and R.C. Sickles., "Finite Sample Evidence on the Performance of Stochastic Frontiers and Data Envelopment Analysis Using Panel Data," Journal of Econometrics, Vol. 51, pp.259-284, 1992.
- [13] Cubbin, J. and G. Tzanidakis.,

- "Regression versus Data Envelopment Analysis for Efficiency Measurement: An Application to the England and Wales Regulated Water Industry", *Utilities Policy*, Vol. 7, pp.75-85, 1999.
- [14] Simar, L. and P. Wilson., Estimation and Inference in Two Stage, Semi-Parametric Models of Production Process, Department of Economics, University of Texas, Mimeo. 2004.
- [15] Sengupta, J.K., "Tests of Efficiency in Data Envelopment Analysis," *Computers & Operations Research*, Vol. 17, pp.123-132. 1990.
- [16] Friedman, L. and Z. Sinuany-Stern., "Scaling Units via the Canonical Correlation Analysis in the DEA," *European Journal of Operational Research*, Vol. 100, pp.629-637, 1997.
- [17] Arnold, V.L., I.R. Bardhan., W.W. Cooper. and S. C. Kumbhakar., "New uses of DEA and Statistical Regressions for Efficiency Evaluation and Estimation", *Annals of Operations Research*, Vol.66, pp.255-27, 1996.
- [18] Tofallis, C., "Combining Two Approaches to Efficiency Assessment," *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 52, pp.1225-1231. 2001.
- [19] Tabachnick, B.G. and L.S. Fidell., *Using Multivariate Analysis*, 3rd Ed. New York:Harper Collins. 1996.
- [20] Tofallis, C., "Model Building with Multiple Dependent Variables and Constraints," *The Statistician*, Vol.48, 371-378. 1999.
- [21] Metters, R., K. King-Metters. and M. Pullman., *Successful Service Operations Management*, Cincinnati: South-Western College Publishing, 2003.

저 자 소 개

- 이 경 원** (E-mail: kma6448@korea.ac.kr)
 1992 육군사관학교 관리학과 졸업(학사)
 2000 고려대학교 경제학과 졸업(석사)
 현재 고려대학교 경영학과 박사과정 재학
 관심분야 성과측정, SCM, OR
- 박 명 섭** (E-mail: mspark@korea.ac.kr)
 1980 고려대학교 무역학과 졸업(학사)
 1983 미국 버지니아주립대학 경제학과 졸업(석사)
 1987 미국 텍사스주립대학 경영학과 졸업(박사)
 현재 고려대학교 경영학과 교수
 관심분야 생산관리, 구매조달, 재고관리
 주요저서 / 논문
 - 구매조달관리론, 청구, 2004.
 - 군 수리부속 재고운용을 위한 모형개발에 관한 연구, 한국경영과학회, 1999. 4. 26.
 - 기업간 협업체계 구현을 위한 공급체인 e-파트너링 추진방안, Information Systems Review, 한국경영정보학회, 2004. 12.
- 임 재 풍** (E-mail: ljpara@nate.com)
 1982 고려대학교 경영학과 졸업(학사)
 1987 University of Detroit 졸업(석사)
 현재 고려대학교 경영학과 박사과정
 관심분야 서비스관리, OR, SCM